

---

**PLAN DE RESTITUCIÓN POBLACIONAL DE *Quercus humboldtii* Bonpl. EN LA  
RESERVA FORESTAL PROTECTORA EL ROBLEDAL,  
CUNDINAMARCA-COLOMBIA**

Mauricio Aguilar Garavito<sup>‡</sup>

---

**CONTENIDO**

1. Características de *Quercus humboldtii*.
2. Problemática de la población en la Reserva Forestal Protectora el Robledal.
  - 2.1. Historia de uso y ubicación de la Reserva Forestal Protectora el Robledal
  - 2.2. Problemática
3. Objetivos del plan de restitución poblacional de *Q. humboldtii*.
4. Estructura poblacional de *Q. humboldtii*.
5. Descripción del plan de restitución.
  - 5.1. Actuaciones dirigidas al medio biótico.
  - 5.2. Actuaciones dirigidas a la población de *Q. humboldtii*.
  - 5.3. Plan de monitoreo y seguimiento.
6. Bibliografía.

---

<sup>‡</sup> Máster Oficial en Restauración de Ecosistemas  
Universidad Alcalá de Henares.  
[mauricioaguil@gmail.com](mailto:mauricioaguil@gmail.com) , [mauricio.aguilar@alu.uah.es](mailto:mauricio.aguilar@alu.uah.es)

---

## 1. Características de *Quercus humboldtii*.

### 1.1. Generalidades de la especie

**Familia:** Fagaceae

**Nombre científico:** *Quercus humboldtii* Bonpl.

**Nombres comunes:** Roble, Roble Amarillo (Boyacá), Roble Blanco (Valle del Cauca), Roble Negro (Cundinamarca), Roble Colorado y Encino (Lozano y torres 1974, Marín y Córdoba 1997, Nieto & Rodríguez 2004).

#### **Descripción Botánica:**

Es un árbol de lento crecimiento y gran porte que alcanza alturas de 40 m. Su **fuste** es recto y cilíndrico, con diámetro a la altura del pecho entre 40 a 70 cm, su corteza de color negruzca, en estado juvenil es lisa y en estado adulto exfoliable (Lozano y torres 1974, Marín y Córdoba 1997, Pacheco y Pinzón 1997, Galindo *et. al* 2003).

La **madera** es dura y pesada duramen de color amarillo oscuro o grisáceo, los radios conspicuos, en los cortes longitudinales son de color marrón claro, olor y sabor no distintivos. Grano recto. Textura gruesa. Veteado acentuado por los radios conspicuos. Lustre bajo. Resistente a la pudrición en contacto con el suelo. Densidad 0.9 a 1.0 gr / cm<sup>3</sup> . (Pacheco y Pinzón 1997, Galindo *et. al* 2003).

Su **copa** es globosa y densa, y presenta yemas vegetativas de posición lateral, protegidas por catáfilos o escamas ciliadas. Las **hojas** son simples, alternas, enteras, lanceoladas, coriáceas y delgadas, ápice agudo, base cuneada 10 a 20 cm de largo. El haz glabro y un poco lustroso y la base de la nervadura central algo tomentosa. Las **flores** son de color crema, presenta inflorescencias masculinas amentoides, con estambres numerosos, cada uno con dos sacos polínicos. Las flores femeninas tienen el cáliz cuculiforme, que una vez formado el fruto lo recubre en forma parcial (Nieto & Rodríguez 2004).

Los **frutos** tienen forma de cápsula redondeada (bellota), leñosa blanquecina de 2 a 4 cm. de largo y 2 a 2.5 cm de ancho, redondeada u ovada y está incluida dentro de una cúpula escamosa. La fructificación es anual, empieza en algunos árboles cuando su talla es apenas de 2 m. aunque el proceso suele iniciarse hacia los 4-5 m de altura. Un árbol adulto puede llegar a producir entre 5 y 8 kg. de semillas, aproximadamente entre 150 y 500 semillas por kilo. La viabilidad de las semillas en

---

campo es del 20% (Becerra y Macia 1973, Becerra 1979, 1989, Lozano y torres 1974, Marín y Córdoba 1997, Pacheco y Pinzón 1997, Galindo *et. al* 2003, Nieto & Rodríguez 2004).

La **propagación** del árbol bien puede ser por semilla, por estacas o gemación. Becerra (1989) encontró que el número de brinzales por metro cuadrado es 26 en promedio y que la regeneración natural por semilla puede ocurrir sin dificultad alguna bajo la sombra de los árboles. Los brinzales se desarrollan satisfactoriamente a plena sombra, pero después por falta de luz y la competencia con la vegetación menor, una gran parte de las plantas mueren (Becerra y Macia 1973, Becerra 1979).

Respecto a la **plantación** se recomiendan distancias entre 2 a 5 m en bosque productivo, en bosques con fines de extracción de leña cada 2 m y para cercas vivas cada 2 a 3 m. El incremento medio anual (IMA) en volumen para árboles de *Q. humboldtii* es de 0.93 m<sup>3</sup>/ha y el IMA en diámetro por árbol es de 0.58 cm (Becerra, 1979, 1989).

#### **Requerimientos de edáficos y ambientales:**

Temperatura: entre 16-24 °C

Precipitación: entre 1.500 - 2.500 mm/año

Humedades relativas: entre 40 - 70 %.

Suelos: Es una especie de alta tolerancia ecológica, y crece en diferentes tipos de suelos, desde los medianamente fértiles y profundos hasta los degradados y casi estériles. Sin embargo prospera mejor en suelos poco profundos, con una gruesa capa de humus y relativamente suelto, con buen drenaje que no permita una excesiva humedad y un pH entre 5.8 y 7.0 (Lozano y torres 1974, Marín y Córdoba 1997, Pacheco y Pinzón 1997, Galindo *et. al* 2003, Nieto & Rodríguez 2004).

Luz solar: importante en su primera etapa de crecimiento; en la madurez presenta exigencias más grandes respecto a este factor lo que hace que el Roble llegue a dominar todas las demás especies que compiten con él., haciéndolo exitoso para ganar alturas y satisfacer sus requerimientos. Por ello la especie presenta una marcada tendencia a la agregación, formando una asociación relativamente estable en cuanto a composición y estructura, encontrando robledales en masas casi puras por lo que en los bosques naturales se convierte en especie dominante (Lozano y torres 1974, Marín y Córdoba 1997, Pacheco y Pinzón 1997, Galindo *et. al* 2003, Nieto & Rodríguez 2004).

Su rango de distribución altitudinal se encuentra entre los 1.000 y 3600 m. En Sur América está restringido a las vertientes altas y semi humedades de los valles inter e intra andinos de la Cordillera de los Andes (Kappelle *et. al* 1992, Nieto & Rodríguez 2004, Kappelle 2005, Natura 2006).

#### Aspecto legal de la especie

El uso histórico de la madera del roble por parte de las comunidades ha ocasionado la extinción de la especie en varias localidades por tal motivo, el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INDERENA), en el año 1974 publica la resolución 0316, en la que se prohíbe cortar robles y comercializar su madera, excepto en Cauca, Nariño y Antioquia, si no es para carbón leña o pulpa. En 2006, el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, publica la resolución 0096, la cual modifica la anterior resolución, ampliando la veda en los departamentos excluidos (Natura 2006).

De otro lado, según el Libro Rojo de Plantas de Colombia, *Q. humboldtii* es valorado como una especie en la categoría UICN, Vulnerable (VU), dadas sus características ecológicas, biogeográficas y el nivel de uso que ha presentado históricamente (Calderón *et. al* 2002, Natura 2006).

#### 1.2. Biogeografía de los robledales de Colombia.

Los robledales son bosques característicos de las zonas templadas del hemisferio norte, de las montañas mesoamericanas y de los andes colombianos. En estos ecosistemas dominan árboles de la Familia Fagaceae y en especial del género *Quercus*. Este género de origen Holártico, durante las glaciaciones del Cuaternario (2.5 millones de años aproximadamente), migró hacia el sur, distribuyéndose en la actualidad desde Canadá hasta Colombia. El género presenta su centro de diversificación en México (Figura 1) con 140 especies. A lo largo de la migración latitudinal de este género la riqueza de especies va disminuyendo hasta llegar a Suramérica donde existe solo una; *Quercus humboldtii* (Kappelle *et al.* 1992, Hartshorn 2002, Kappelle 2006).



Figura 1. Distribución del Género *Quercus* en Centro y Suramérica, Fuente Kappelle 2006.

---

*Q. humboldtii* es un árbol nativo de las montañas de Colombia y Panamá. En Colombia este roble se ubica entre los 1.100 y 3.400 metros de altitud (bosque subandino, andino y altoandino), formando bosques homogéneos y mixtos en las vertientes inter e intra andinas menos húmedas de las tres cordilleras y en especial en la cordillera Oriental (Cuatrecasas 1958, Espinal 1964, Ega 1964, Lozano & Torres 1974, Van der Hammen 1974 y 1989, Espinal 1992 y 1993, Pacheco y Pinzón 1997, Kapelle *et al.* 1992, Hooghiemtra *et. al.* 2002, Fernández & Sork, 2002 y 2005, Galindo-T. *et. al.* 2003, Casas 2004, Solano 2006, Paz & Palacio-Mejía 2006, Palacio-Mejía & Fernández 2006,).

Con base en estudios genéticos del roble común, junto con los registros de las colecciones botánicas se han logrado establecer algunos mapas con la distribución actual de esta especie en Colombia (Figuras 2, 3, 4, 5 y 6). Dichas investigaciones también han revelado que *Quercus humboldtii* es una especie que presenta altos valores de diversidad genética y una estructura poblacional baja, por tanto muestra un alto flujo genético a nivel local. De igual forma se ha encontrado que la especie presenta una amplia variación fisiológica relacionada con la variación altitudinal (Fernandez-M. 2002, Fernández & Sork, 2002 y 2005, Paz & Palacio-Mejía 2006, Palacio-Mejía & Fernández 2006, Rodríguez-Correa 2007).

Además de los robledales de *Q. humboldtii*, en Colombia también existen robledales de otra Fagaceae; *Colombobalanus excelsa* (roble negro). Este árbol es endémico de los andes colombianos, sin embargo sus poblaciones sólo se han registrado en tres localidades: Parque Nacional Natural (PNN) Cueva de los Guácharos (departamento de Huila), PNN Farallones de Cali (departamento de Valle) y en el Santuario de Flora y Fauna Guanentá Alto Rio Fonce (departamento de Santander) (Van der Hammen & Cleef 1993, Pacheco y Pinzón 1997, González 2001, Paz & Palacio-Mejía 2006, Palacio-Mejía & Fernández 2006, Rodríguez-Correa 2007).

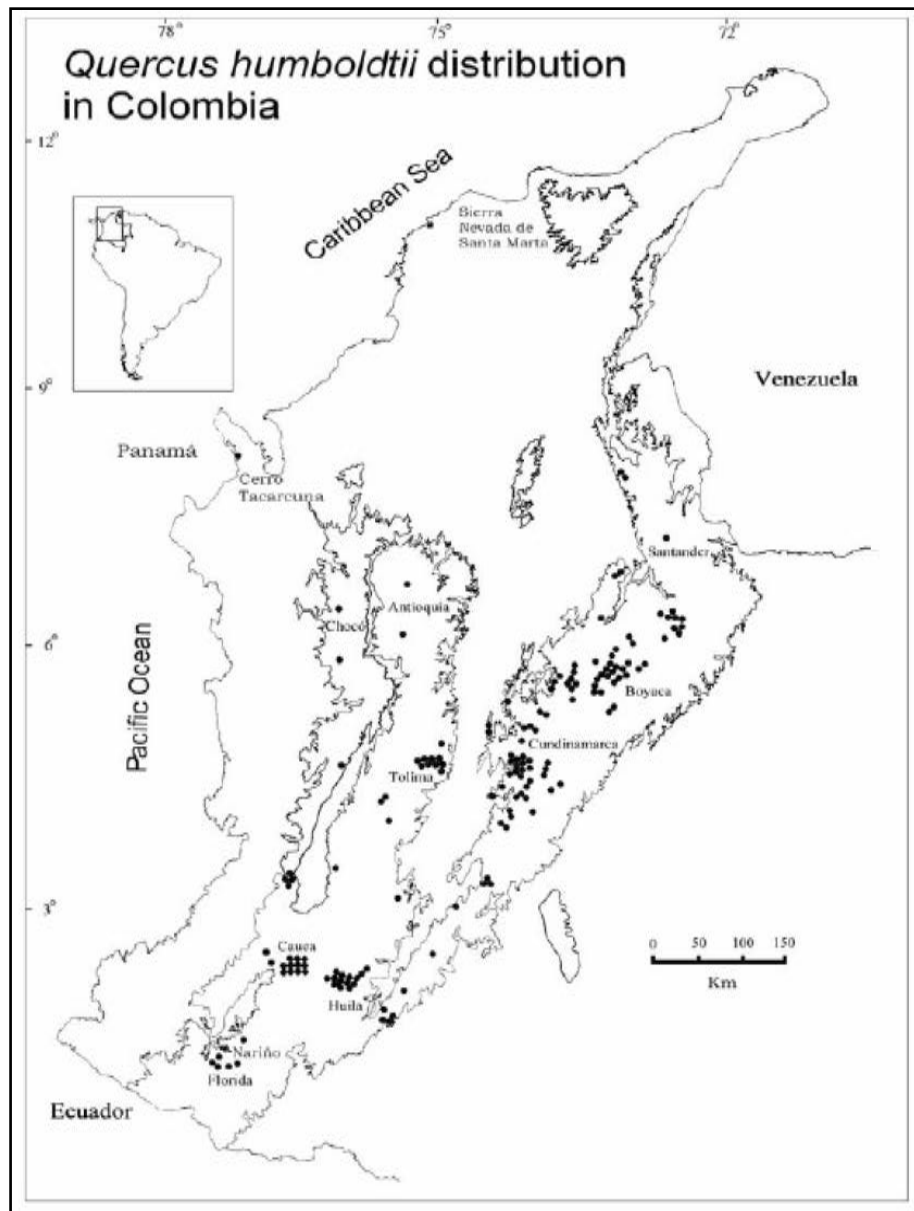


Figura 2. Distribución de las poblaciones de *Quercus humboldtii* en Colombia. Fuente Kapelle 2006.

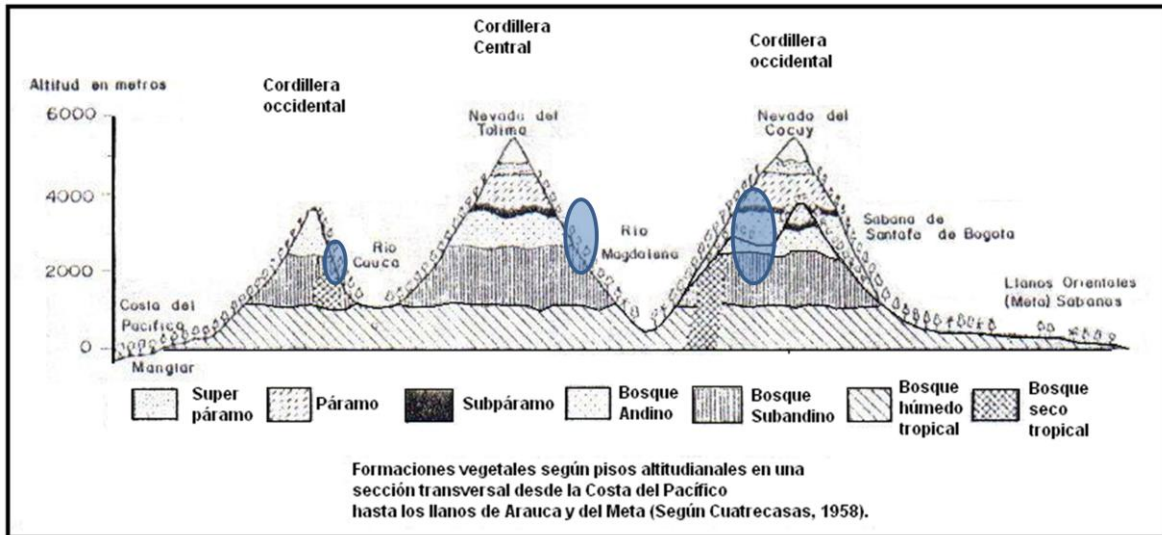


Figura 3. Distribución de *Quercus humboldtii* en los Andes colombianos. Modificado de Kapelle 2006.

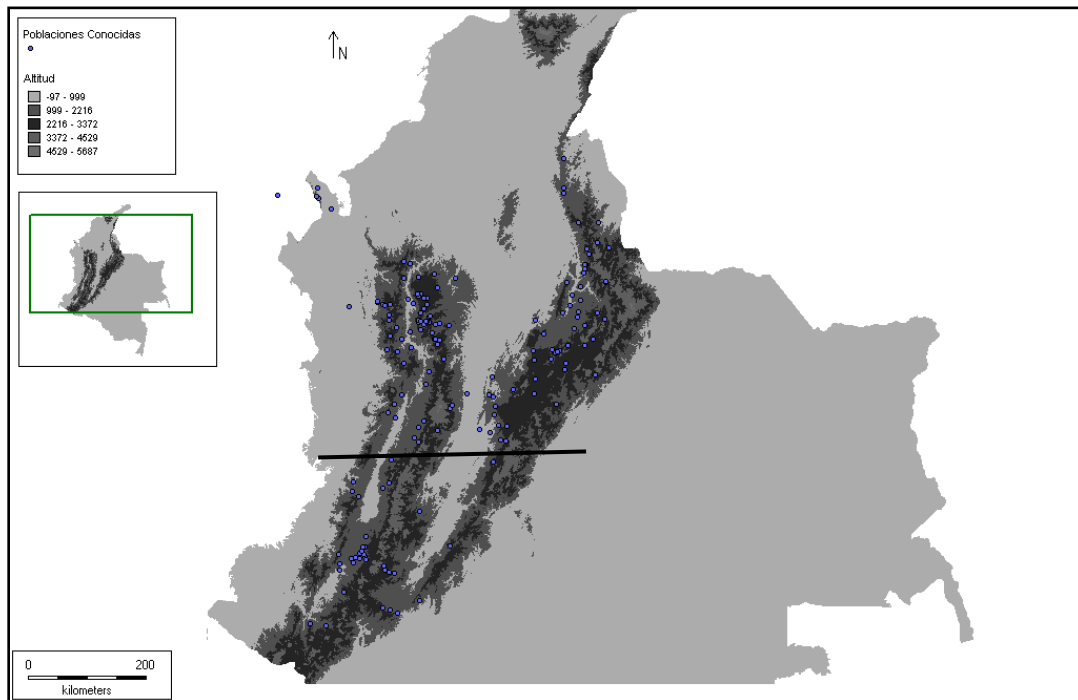
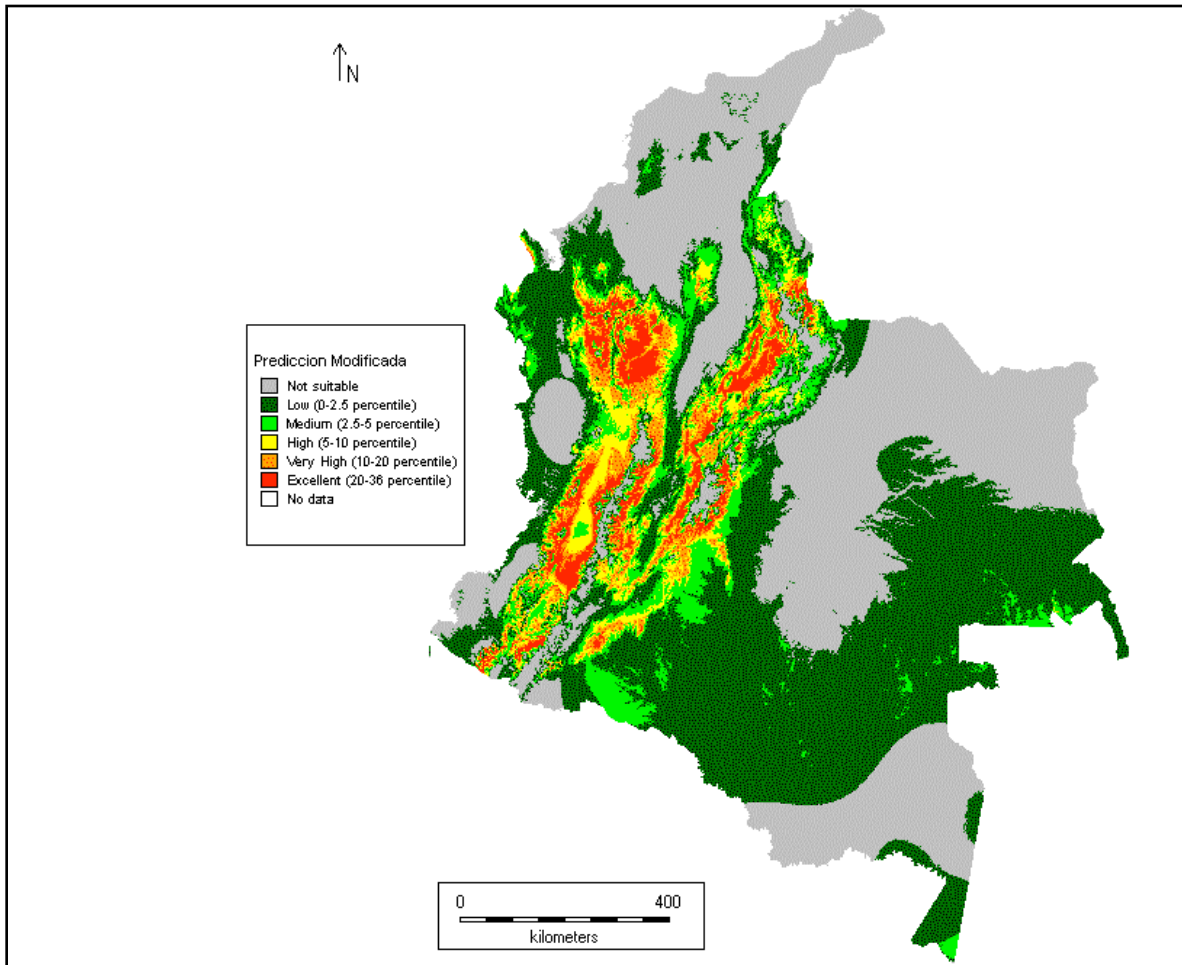


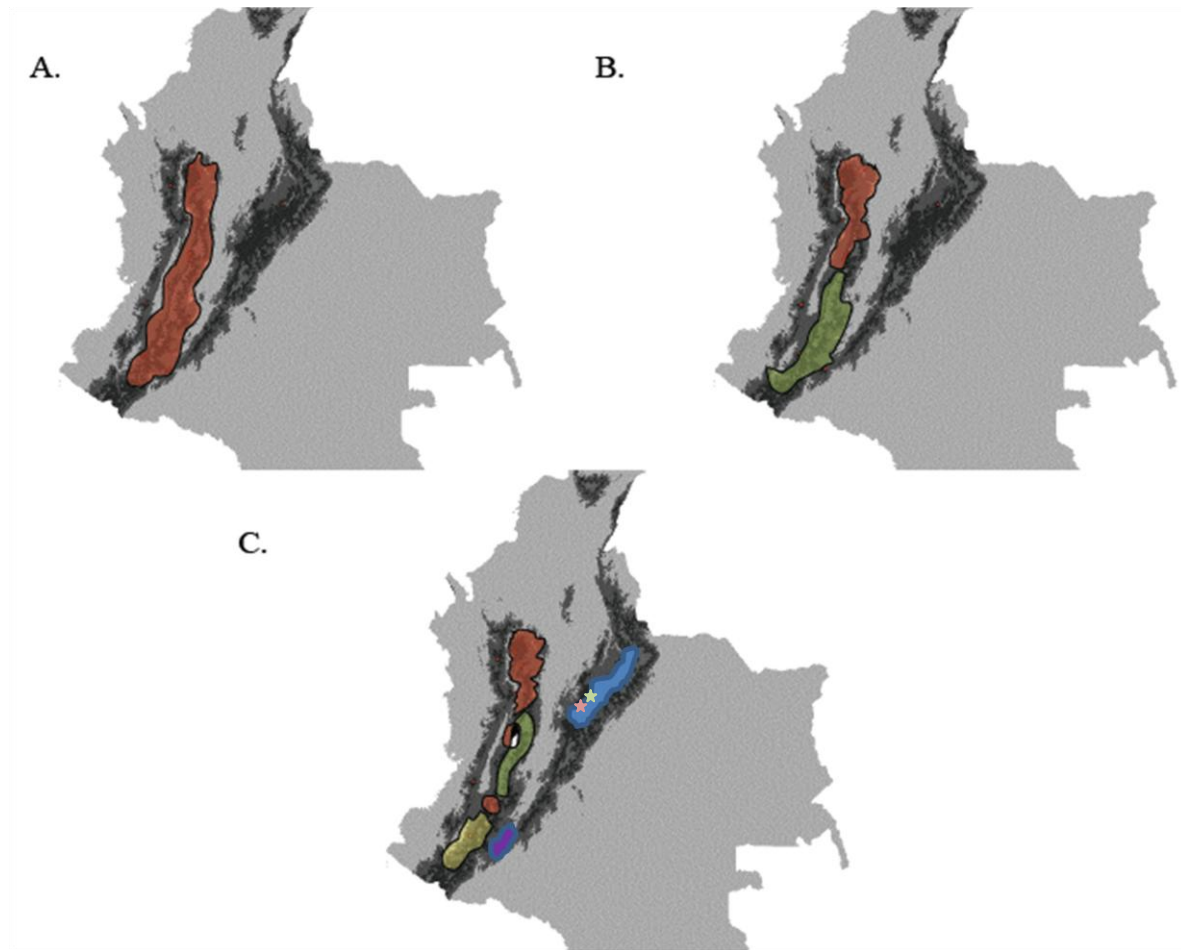
Figura 4. Distribución de las poblaciones de *Quercus humboldtii* en Colombia, según colecciones del Herbario del Instituto Alexander von Humboldt. Fuente: Rodríguez-Correa 2007.



**Figura 5.** Mapa de distribución potencial de *Quercus humboldtii* en Colombia, con base en variables climáticas y genéticas. Fuente Rodríguez-Correa 2007.

De otro lado, los estudios paleoecológicos han permitido establecer que durante los últimos 350 y 185 mil años antes del presente, el género *Quercus* entró a Colombia por el istmo de Panamá como una especie del cinturón de flora de baja altitud. Este género, presentó varios eventos de colonización, formando en un principio parches aislados de bosque que, con el paso del tiempo fueron extendiéndose y cambiando su distribución a mayores altitudes debido a procesos de competencia con la flora de origen andino y tropical ya existente. De esta manera se dio origen a una formación boscosa relativamente reciente (186 a 25 años a.p.) dentro del cinturón del bosque Andino (Van der Hammen 1974 y 1989, Hooghiemstra *et. al* 2002, Hooghiemstra & Van der Hammen 2004, Kapelle 2006).





**Figura 6.** Modelo hipotético de diferenciación genética entre las poblaciones distantes; A. Poblaciones hipotéticas inicialmente dominantes pertenecientes a un mismo acervo genético; B. Procesos de diferenciación latitudinal; C. Distribución en “islas” de poblaciones de roble antes dominante. ★ Reserva Forestal el Robledal. ☆ Robledales de Arcabuco. Modificado de: Rodríguez-Correa 2007 y Fernández & Sork, 2002 y 2005.

## **2. Problemática de la población en la Reserva Forestal Protectora el Robleda**

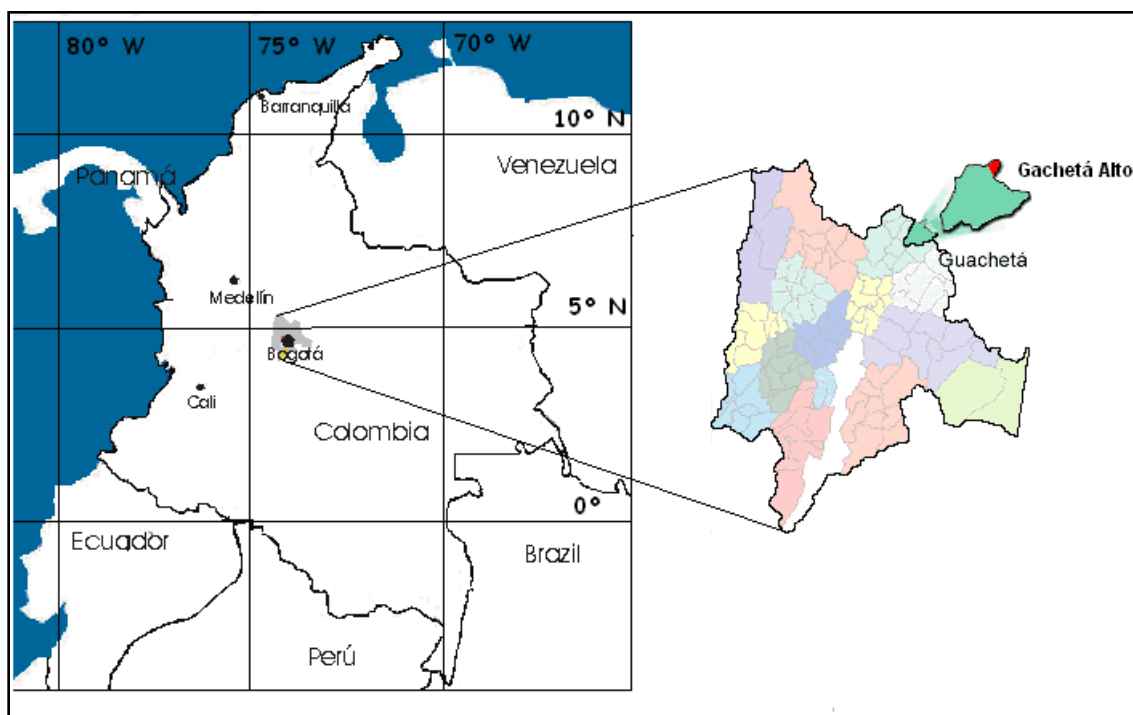
### **2.1. Ubicación e historia de uso de la Reserva Forestal Protectora el Robledal.**

En épocas pre-hispánicas, los robledales cubrían grandes extensiones en las tres cordilleras. Sin embargo hoy son escasos los remanentes de este bosque debido al intenso proceso de tala para la extracción de maderas finas o leña, la tumba, roza y quema del bosque para el establecimiento de sistemas productivos, la producción de carbón vegetal y la demanda de madera para el desarrollo vial de principio de siglo (Becerra *et. al.* 1973, Becerra 1979, 1989, Kapelle *et al.* 1992, Kapelle 2006).

A mediados del siglo XX, en el Altiplano Cundiboyacense se intensificó la destrucción del bosque de roble por surgimiento de la industria siderúrgica y por la minería de carbón mineral en Samacá, Guachetá, Ventaquemada y Tópaga. Esto ha ocasionado la fragmentación del paisaje y en la mayoría de los casos la pérdida total de estos hábitat (IAvH 1998, MMA et. al. 2002, Franco-García 2004, Fundación Natura 2006). Finalmente, con el fortalecimiento de la economía ganadera en las décadas de 1950 a 1970, se aceleró el desmonte de laderas de la selva andina y se incrementó la reforestación con especies exóticas como los pinos y eucaliptos. Sin embargo, en algunos sectores del altiplano, debido a su topografía abrupta y a la mala calidad los suelos, aún persisten algunos fragmentos de robledal en buen estado de conservación (MMA et. al. 2002, Departamento de ecología y territorio-Universidad Javeriana 2004, Franco-García 2004, Fundación Natura 2006).

Esta es la historia de los robledales que cubrían el flanco sur y oriental del Macizo de Rabanal (municipios de Guachetá, Ráquira y Samacá) y los cerros que delimitaban el sector nororiental y noroccidental de la cuenca baja de la Laguna de Fúquene (Guachetá, Ráquira, San Miguel de Sema, Fúquene, Simijaca, Susa y Chiquinquirá). Con seguridad en el pasado reciente estos robledales formaban una extensa región que se extendía desde la Laguna de Fúquene hasta el municipio del Encino en el departamento de Santander, pasando por Villa de Leyva, Iguaque, Arcabuco, Guantiva y el macizo del Páramo de la Rusia (MMA et. al. 2002, Franco-García 2004, Fundación Natura 2006).

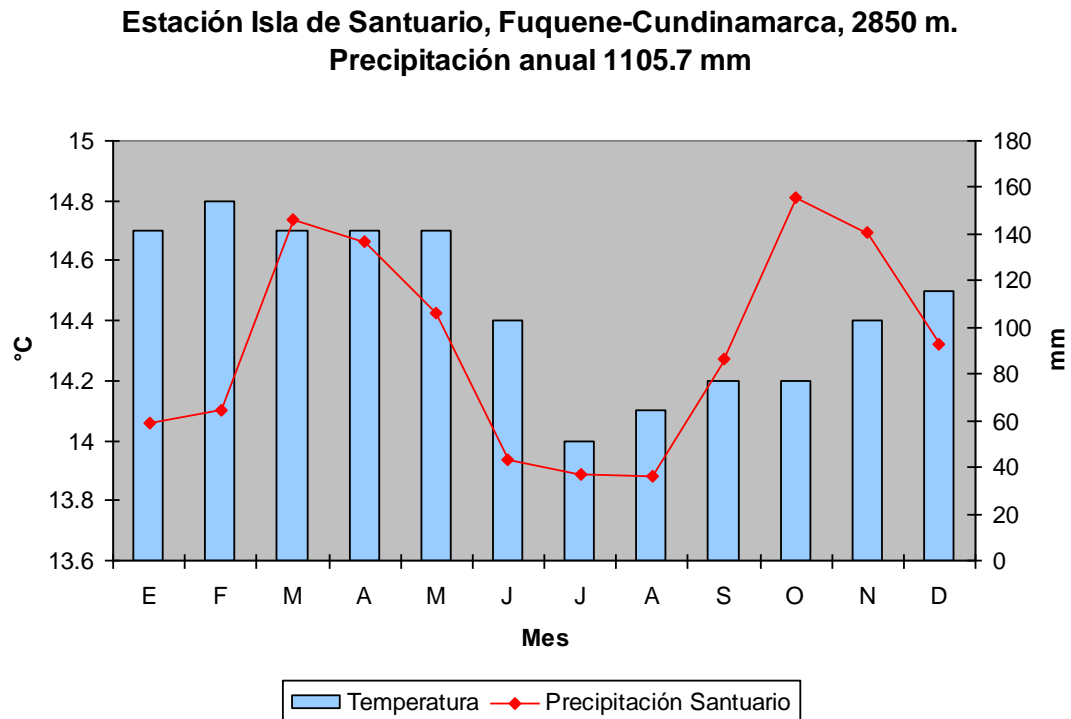
En la actualidad este sector del Altiplano Cundiboyacense presenta un paisaje dominado por una matriz de pastizales con algunos fragmentos de vegetación nativa de diferente tamaño y estado de conservación. Entre los relictos de robledal sobresale por su tamaño y estado de conservación la Reserva Forestal Protectora el Robledal, ubicada entre los 5°27' a 5°29' de latitud norte y entre los 73°39' y 73°43' de longitud oeste, sobre la vertiente occidental de la cordillera Oriental de los Andes colombianos, al Norte del departamento de Cundinamarca (Figura 7) en el macizo montañoso llamado el Chaute, entre los municipios de Guachetá-Cundinamarca (Veredas Gachetá Alto y Gachetá del Carmen), Ráquira (Vereda Valero, Farfán y Mirque) y San Miguel de Sema (vereda Quicagota). Otros relictos de roble de menor tamaño se ubican hacia el norte y nororiente del Chaute, sobre el alto de Pan de Azúcar y el alto de Confites, municipio de Ráquira (Veredas Firita Peña Arriba y Firita Peña Abajo) y en algunos sectores de la vertiente occidental del macizo de rabanal en los municipios de Samacá y Guachetá (Veredas Peñas y Ranchería) (Clavijo 1996, MMA et. al. 2002, Aguilar-Garavito 2006).



**Figura 7.** Localización de la Reserva Forestal el Robledal en Colombia y en el departamento de Cundinamarca. La localización de la Reserva está indicada por un polígono rojo dentro de la Vereda Gachetá Alto del municipio de Guachetá.

La Reserva Forestal Protectora El Robledal (RFPR), es un área Protegida por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), bajo el acuerdo 52 de 1981 de la CAR y la Resolución No. 64 del 31 de marzo de 1982 del Departamento Nacional de Planeación. Abarca un área de 496 hectáreas, con alturas entre los 2.750 y 3.200 m.s.n.m. De otro lado, presenta un Relieve Montañoso y Colinado Estructural Plegado con pendientes superiores al 25% de inclinación (Clavijo 1996, MMA *et. al.* 2002, Guachetá 2003, Aguilar-Garavito 2006).

Respecto al clima, presenta un régimen de lluvias bimodal, con dos periodos secos: diciembre-marzo y junio-agosto; y dos de lluvias: abril-mayo y septiembre-octubre. De acuerdo con la estación meteorológica La Isla de Santuario de la laguna de Fúquene la precipitación promedio anual es de 1105.7 mm (Figura 8, cuyo valor mínimo oscila entre 37-60 mm en los meses más secos y el máximo entre 130 y 160 mm en los meses más húmedos. La temperatura media anual es de 14.5 °C (Figura 8), la humedad relativa oscila entre 71 y 76% y evaporación de 1179.9 mm (Clavijo 1996, MMA *et. al.* 2002, Guachetá 2003, Aguilar-Garavito 2006).



**Figura 8.** Climadiagrama de la vereda Gachetá Alto, Guachetá-Cundinamarca.  
Fuente: Aguilar-Garavito & Pérez-Rojas (2006).

En la Actualidad el paisaje de la Reserva el Robledal es un mosaico de coberturas (Figura 9), dominado en mayor proporción por bosques de roble (bosque denso 26.4 % y monte bajo 22 %) y pastizales (16.5 %). Entre los años de 1993 y 2006 el paisaje presenta cierta estabilización funcional del territorio en las cotas inferiores a los 2.900 metros de altitud y en las cotas más altas presenta una tendencia a la recuperación de las áreas silvestres y semi silvestres usadas anteriormente como potreros. De otro lado los relictos de vegetación natural y seminatural presentan gran diversidad de plantas entre los que se encuentran algunas especies particulares como el Encenillo (*Weinmania tomentosa*) y los aguacatillos (*Aiouea dubia* y *Ocotea* sp.), especies con distribución restringida como el granizo (*Hediosmun bondplandianum*) y el quino (*Ladenbergia* sp.), una especie con veda a nivel nacional (*Quercus humboldtii*) y gran diversidad de orquídeas, bromelias, especies medicinales y promisorias como el agraz y la zarzaparrilla (*Vaccinium floribundum* y *Smilax tomentosa*). A demás, el robledal también presenta alta diversidad de hongos de los cuales por lo menos dos especies son comestibles. Sin embargo la reserva posee pocas investigaciones sobre ecología y biología y no presenta un plan de manejo ambiental (MMA et. al. 2002, Aguilar-Garavito 2006).

---

Los ecosistemas silvestres y semi-silvestres ubicados en la Reserva Forestal el Robledal a demás de su importancia por la alta biodiversidad, a nivel local provee de importantes bienes y servicios como la regulación de los ciclos hidrológicos y específicamente presenta importancia hídrica pues en el área nacen las quebradas que alimentan el Acueducto Rural No. 4 de Guachetá el cual distribuye el recurso hídrico para más de 600 usuarios de seis veredas y tres acueductos en el Municipio de Ráquira con mas de 900 usuarios, A demás de brindar el recurso a las seis veredas que conforman la reserva (aproximadamente 360 usuarios) (MMA *et. al.* 2000, Ráquira 2000, Guachetá 2003).

De otro lado, la población campesina que habita la Reserva el Robledal, mantiene economías agropecuarias de subsistencia, fundamentando su desarrollo en sistemas productivos como la agricultura (principalmente maíz y papa) y ganadería de leche (hatos de 3 a 5 cabezas). Adicionalmente, para complementar sus ingresos los habitantes incluyen dentro de sus actividades la tala selectiva del roble para la elaboración de carbón vegetal (MMA *et. al.* 2000, Guachetá 2003).

La población presenta grandes dificultades económicas y necesidades básicas insatisfechas debido a que la mayor parte del territorio son lugares no aptos para actividades agropecuarias por presentar laderas escarpadas, suelos poco profundos y pobres, con alto riesgo de erosión y otras limitaciones físicas graves irreversibles a largo plazo. Lo anterior hace que los beneficios productivos sean menores a los costos de inversión, originando altos índices de pobreza y migración (MMA *et. al.* 2000, Ráquira 2000, Guachetá 2003, Aguilar-Garavito 2006)

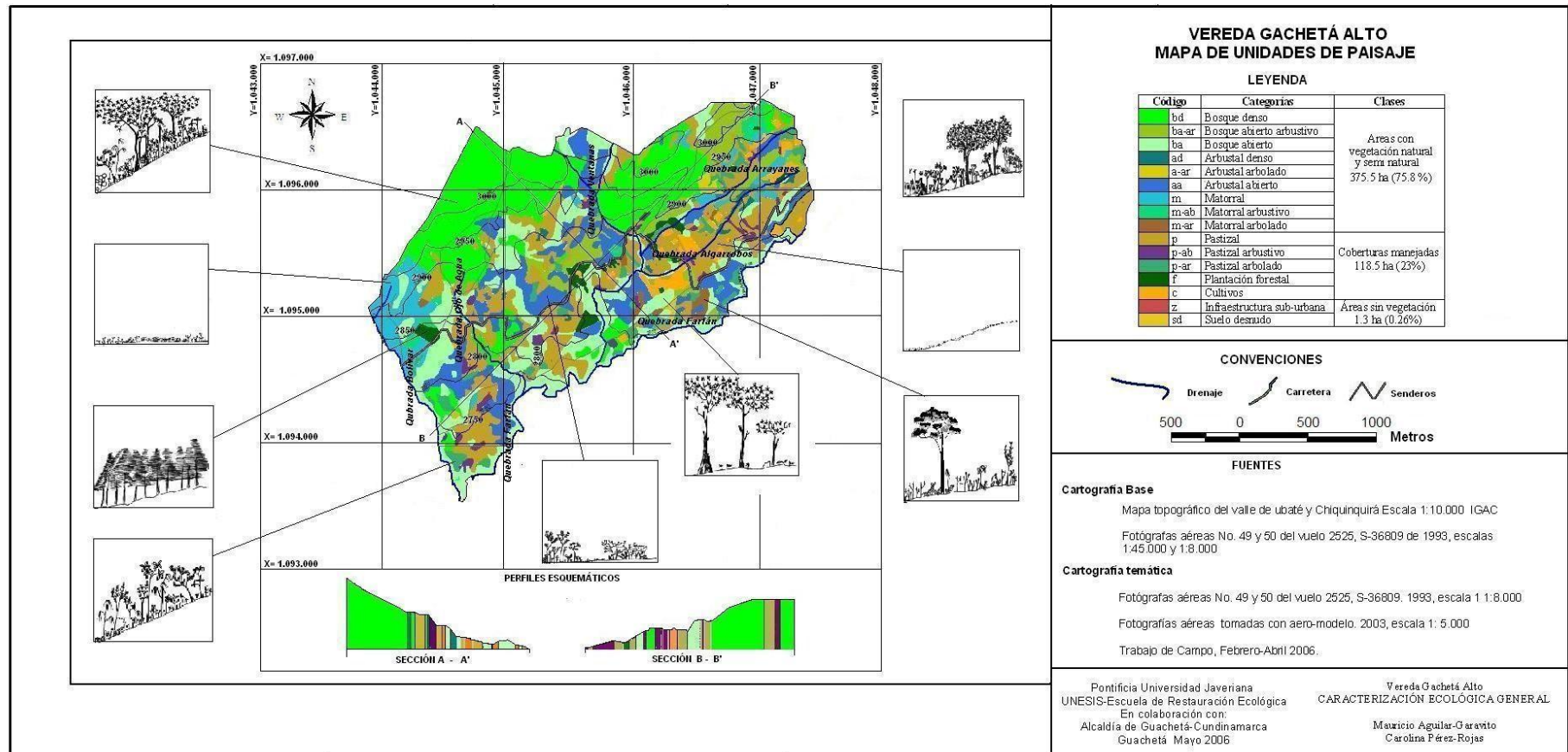


Figura 9. Mapa de Unidades de Paisaje de la Vereda Gachetá Alto, Reserva Forestal el Robledal, Cundinamarca-Colombia. Fuente: Aguilar-Garavito & Pérez Rojas (2006).

---

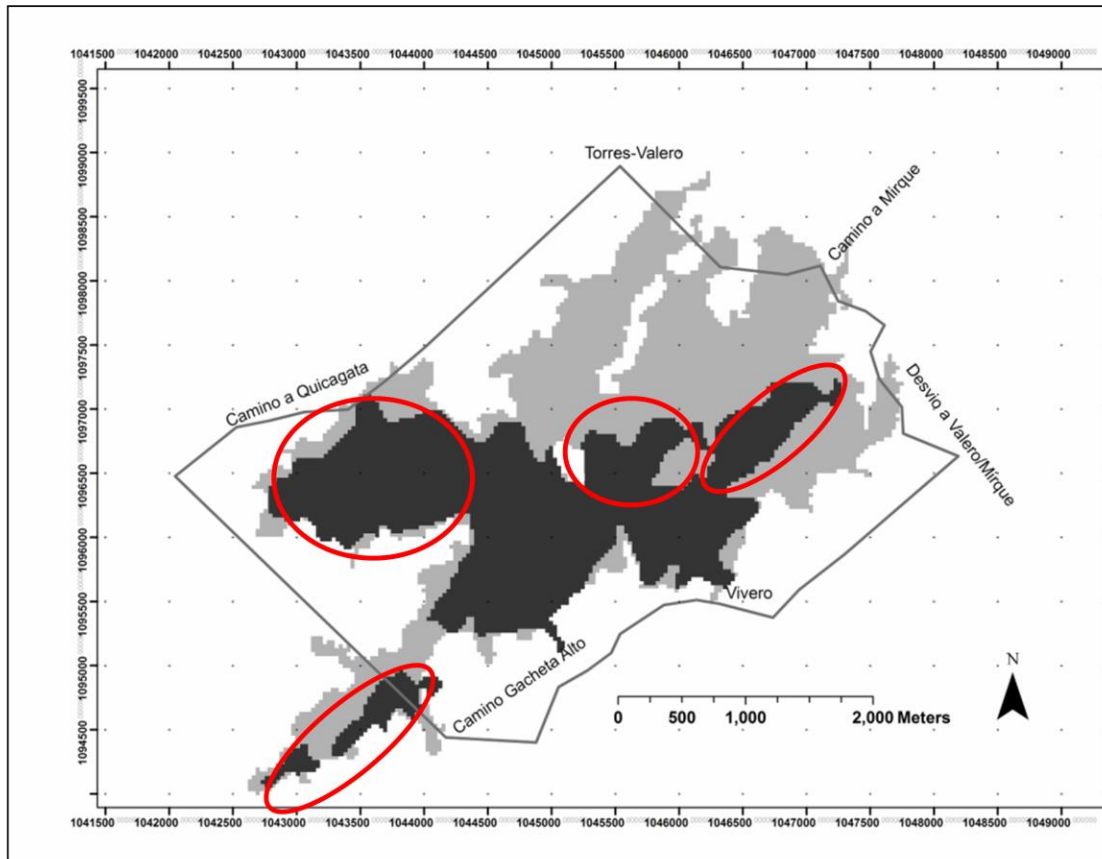
## 2.2. Problemática.

La problemática actual de la especie *Quercus humboldtii* en la Reserva el Robledal, tiene su origen dos aspectos; el primero es la necesidades de desarrollo económico de la población local campesina que pese a las restricciones de uso y manejo del territorio, ejerce prácticas de sobre explotación de los recursos. La segunda es la mala organización, legislación y gestión de los recursos en la Reserva debido a la inexistencia de un plan de manejo y al desinterés de los entes administrativos territoriales.

Esta situación pone en peligro la sostenibilidad de la Reserva El Robledal así como de sus bienes y sus servicios ambientales, de diferentes maneras. Por un lado, la ampliación de la frontera agrícola y el sobre pastoreo degrada los suelos haciéndolos cada vez más evidente la erosión laminar, la sedimentación de las quebradas, disminución del caudal ecológico durante algunas semanas en los meses de verano y la frecuente inundación de la Laguna de Fúquene. A demás el pastoreo y el transito de ganado al interior y bordes de la masa boscosa, limita la capacidad de reclutamiento de *Quercus humboldtii*. De otro lado la cacería reduce constantemente las poblaciones de animales hasta la extinción, limitando procesos ecológicos como la polinización y la dispersión de semillas de la especie; y finalmente, la tala rasa y selectiva de *Q. humboldtii*, para la fabricación de carbón vegetal, así como el aislamiento poblacional a la cual está sometida la población de la Reserva desde hace varios años pueden ocasionar la extinción total de la especie debido a procesos de depresión endogámica y a la baja regeneración natural, especialmente del roble (MMA *et. al.* 2000, Ráquira 2000, Guachetá 2003, Aguilar-Gravito 2006, Palacio-Mejía y Fernández 2006).

Cabe resaltar que cerca de la mitad de la masa boscosa en pie de la Reserva Forestal el Robledal (Figura 9), son montes bajos, ya que provienen del rebrote de los árboles después de la tala raza. Estas coberturas tienen un gran valor económico para la comunidad dadas las propiedades energéticas que poseen estos árboles. Sin embargo son bosques a pesar de los servicios ambientales que pueden prestar, presentan una baja calidad ecológica por su homogeneidad espacial y la incapacidad de producir semillas. La gravedad de la situación se hace evidente en la figura 10 en donde se presenta la reducción del bosque entre el año 1987 - 2003 y las zonas actuales de montes bajos.





■ Bosque en 2003 ■ Bosque en 1987 □ Monte bajo en 2003

Figura 10. Cambio de cobertura boscosa entre 2003 y 1987. Fuente laVH (en preparación).

### 3. Objetivos del plan de restitución poblacional de *Q. humboldtii*.

**3.1.**Objetivo General: Generar una propuesta de conservación uso y manejo de la población de *Q. humboldtii* en la Reserva Forestal Protectora el Robledal.

**3.2.**Objetivos específicos:

- Establecer la dinámica poblacional hipotética de *Quercus humboldtii*, en la Reserva el Robledal.



- Desarrollar un modelo de crecimiento poblacional hipotético para identificar la probabilidad de extinción de la población, el tamaño mínimo de la población, las tasas y edades de cosecha viables, así como la densidad y edad de los individuos a reintroducir para el mantenimiento de la misma.
- Generar una propuesta con actuaciones dirigidas mejorar las condiciones del medio físico, al medio biótico.
- Proponer una estrategia de reintroducción y reforzamiento de la población de *Q. humboldtii*.

#### **4. Estructura poblacional de *Quercus humboldtii*.**

Una de las mayores dificultades para la conservación de *Q. humboldtii*, tanto a nivel nacional como a escala de la Reserva Forestal el Robledal, es el escaso conocimiento que se tiene de la estructura poblacional y específicamente en parámetros de supervivencia, crecimiento vegetativo, fecundidad y sobre las tasas vitales que presenta la especie. Lo anterior dificulta la construcción de gráficos de ciclo vital y de matrices de transición para modelar los eventos demográficos de la población en el tiempo.

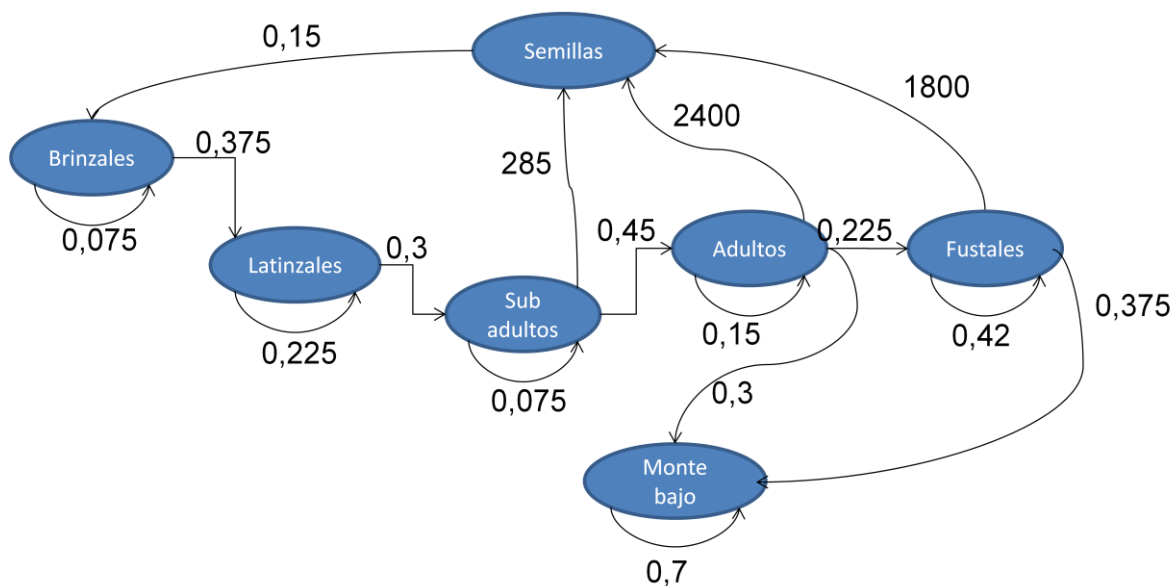
A pesar de lo anterior en el presente trabajo se construyó un gráfico de ciclo vital basándose en los estudios forestales de Becerra y Macia (1973) y Becerra (1979 y 1989) en los robledales de Arcabúco, departamento de Boyacá-Colombia, para obtener las tasas de crecimiento de la especie y en el trabajo de Aguilar-Garavito & Pérez Rojas (2006), para obtener datos de partida sobre el la abundancia de la población en la Reserva Forestal el Robledal.

Los datos de las poblaciones de *Q. humboldtii* en Arcabuco, pueden ser útiles para comprender la dinámica de la población de la Reserva Forestal el Robledal por las siguientes razones: 1. Son bosques que se encuentran en la misma región biogeográfica: región Norandina-Altiplano Cundiboyacence (IAvH 1998 y 2003); 2. Se encuentran en la misma cordillera, en la misma vertiente hidrográfica y en la misma altitud: desde 2800 hasta 3100 m.s.n.m. (Cuatrecasas 1958, Espinal 1993) 3. Según el modelo hipotético de diferenciación genética (Figura 6) de Rodríguez-Correa (2007), las poblaciones de ambas localidades no presentarían diferenciaciones significativas; 4. Las poblaciones se encuentran relativamente cerca, Arcabúco se localiza a 41,3 km hacia el Nororiente de la población de la Reserva Forestal el Robledal (Google Earth 2009). 5. Ambas poblaciones pertenecen a una región conocida como el Corridor de Conservación de robledales Iguaque-Guativa-La Rusia (Fundación Natura 2006).

#### 4.1. Ciclos vitales y matrices de transición partiendo de los datos de los robledales de Arcabúco.

Primero se estructuró la población del Roble en siete clases de altura: 1) Semillas; 2. Brinzales: individuos hasta con 0,50 m de altura; 3) Latinzales: individuos con una tamaño superior a los 0,50 m hasta los 2 m de altura; 4) Subadultos: Organismos reproductivos entre los 2 m y 6 m de altura; 5) Adultos: árboles entre 6 y 12 m de altura; 6) Fustales, árboles que superan los 12 m de altura. 7) Monte bajo: árboles no reproductivos que fueron talados y rebrotaron desde la raíz o desde el tocón.

Con las anteriores clases estructurales de la población y las tasas vitales extraídas de los estudios de Becerra y Macia (1973) y Becerra (1979 y 1989), se elaboró el ciclo vital (Figura 11 y la matriz de transición (Tabla 1) de la población.

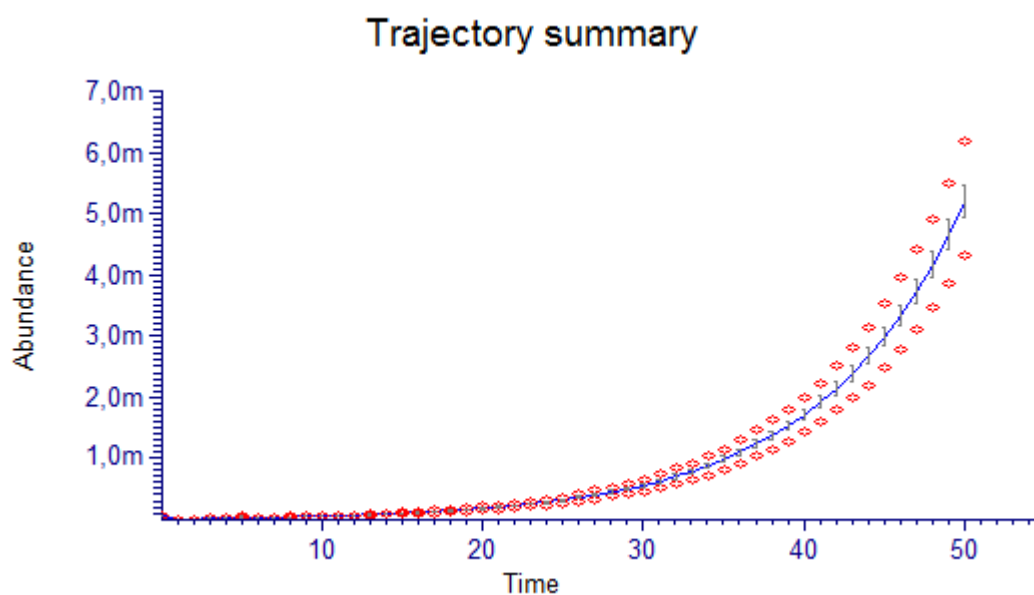


**Figura 11.** Ciclo vital de *Q. humboldtii*, en una población estructurada en siete etapas. Valores de transición basados en Becerra y Macia (1973) y Becerra (1979 y 1989). Las flechas curvas y angulares representan la reproducción y crecimiento a la siguiente clase de edad, las líneas rectas dentro del óvalo representan el mantenimiento dentro de la misma clase.

**Tabla 1.** Matriz de transición de la población de *Quercus humboldtii*.

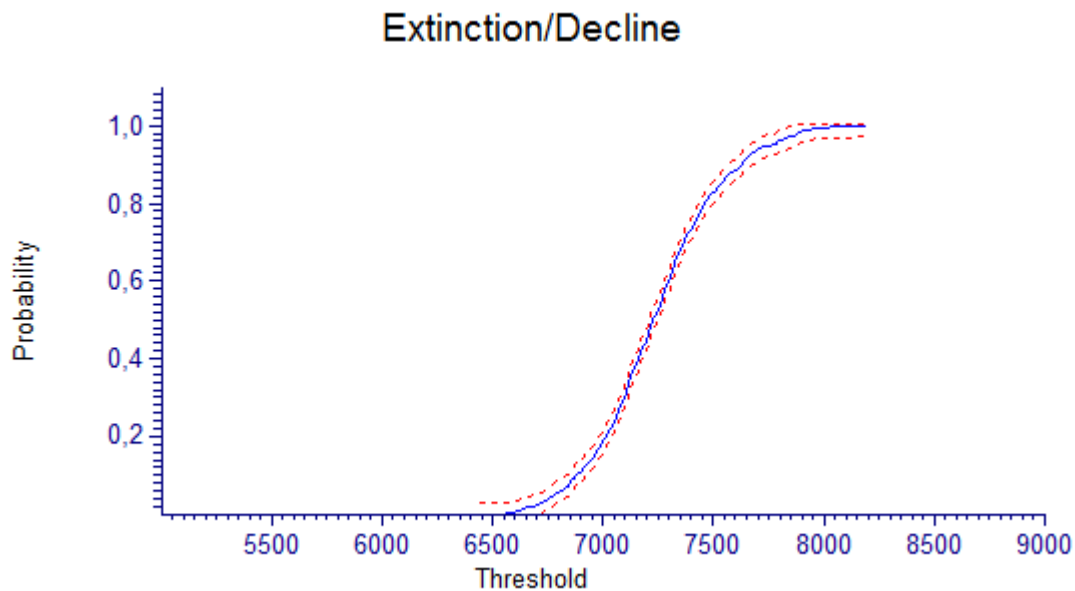
	Semillas	Brinzales	Latinzales	Subadultos	Adultos	Fustales	Monte bajo
Semillas	0	0	0	285	2400	1800	0
Brinzales	0,15	0,075	0	0	0	0	0
Latinzales	0	0,375	0,225	0	0	0	0
Subadultos	0	0	0,3	0,075	0	0	0
Adultos	0	0	0	0,45	0,15	0	0
Fustales	0	0	0	0	0,225	0,425	0
Monte bajo	0	0	0	0	0,3	0,375	0,7

A partir de los datos de la matriz de transición y utilizando el software Ramas Ecolab, se elaboró un modelo para estimar la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) y la tendencia demográfica de la población. Para este caso, *Q. humboldtii*, presenta cierto incremento poblacional pues su tasa finita de crecimiento es mayor a 1 ( $\lambda = 1,174$ ) (Picó 2002), resultado que se refuerza con la leve tendencia de aumento poblacional que se muestra en la figura 1. Cabe especificar que en el modelo usa estocasticidad demográfica y se modela con 1000 repeticiones durante 50 años. Además se trata de un modelo densodependiente con una capacidad de carga  $K = 65923000$  ind/ha.



**Figura 12.** Proyección demográfica de la población de *Q. humboldtii*, siguiendo un modelo matricial estructurado que incorpora estocasticidad ambiental. Valores para 1000 repeticiones durante 50 años.

De igual forma se estimó la probabilidad de que el tamaño de la población llegue a ser inferior a un determinado valor durante el periodo considerado (figura 13). De acuerdo con esta simulación de 1000 repeticiones, la probabilidad de que su número sea inferior a 7000 individuos es de 0,57 y de que sea inferior a 8000 es de 0,98.



**Figura 13.** Probabilidad de cuasi-extinción de la población de *Q. humboldtii* en los robledales de Arcabuco, para un intervalo de 50 años. La curva indica la probabilidad de que el tamaño de la población descienda por debajo de 6500 individuos a lo largo del periodo considerado.

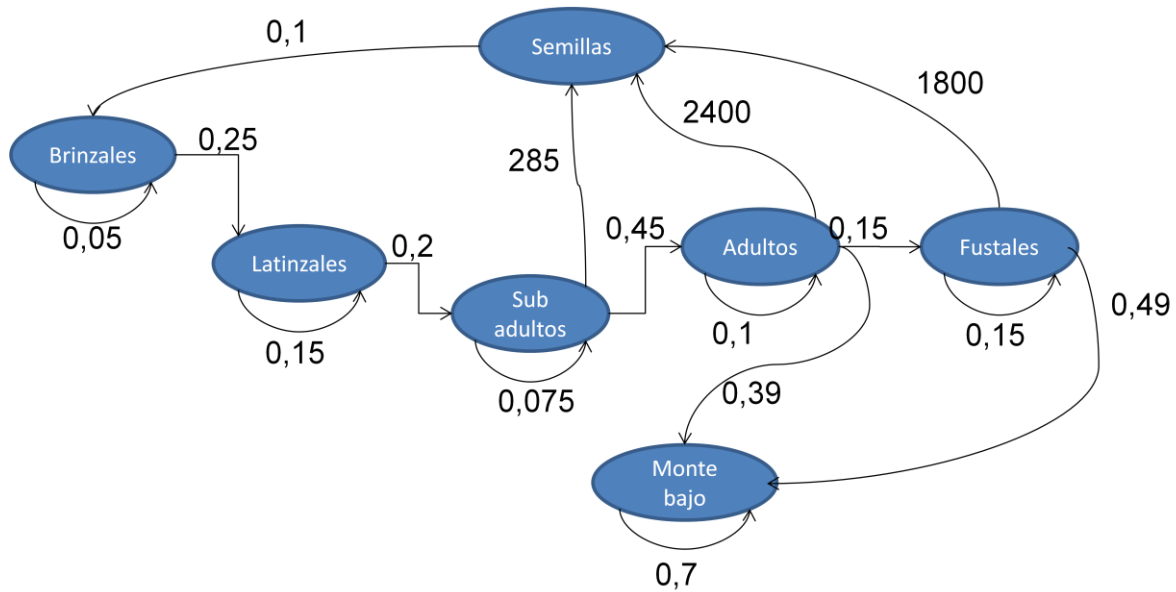
Según los resultados obtenidos podemos llegar a pensar que la población de *Q. humboldtii* se encuentra en una condición favorable, sin embargo su valor de  $\lambda$  está próximo a 1, así que puede ocurrir un declive poblacional (Iriondo 2002, Picó 2002) que puede atribuirse a la gestión que se haga sobre la especie así como al efecto de la estocasticidad ambiental.

#### 4.2. Ciclos vitales y matrices de transición adaptando los datos de los robledales de Arcabuco a las Condiciones de la Reserva Forestal el Robledal.

Históricamente los robledales de Arcabuco respecto a la Reserva Forestal el Robledal han tenido una mayor protección debido a las condiciones topográficas abruptas del terreno, por tal motivo las tasas vitales utilizadas anteriormente se redujeron en un 25% en las clases de edad más vulnerables al ramoneo y pisoteo del ganado (brinzales y latinzales) y a la tala para la elaboración de carbón (adultos y fustales), dos de los grandes problemas que afecta en la actualidad la población de *Q. humboldtii* en la Reserva Forestal el Robledal. De igual forma se aumentó en un

25% el número de árboles y fustales que se convierten en monte bajo.

Apartir de lo anterior y teniendo en cuenta las clases de edades estructurales de la población elaboradas para los robledales de Arcabuco, se elaboró el ciclo vital (Figura 14) y la respectiva matriz de transición (tabla 2) de *Q. humboldtii* en la Reserva Forestal el Robledal.

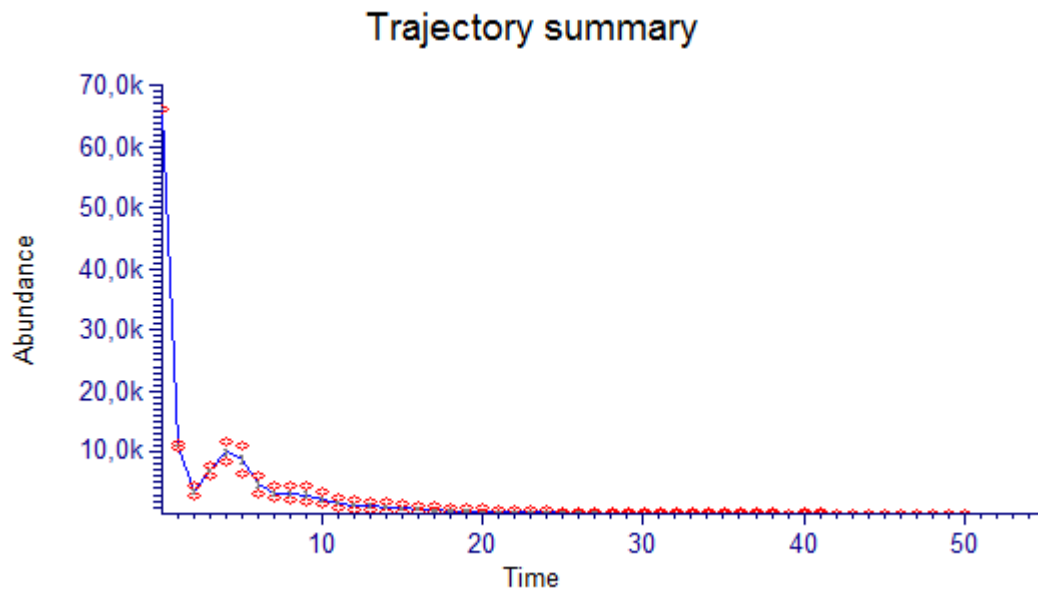


**Figura 14.** Ciclo vital de *Q. humboldtii*, en la Reserva Forestal el Robledal. La población se estructura en siete etapas. Valores de transición basados en Becerra y Macia (1973) y Becerra (1979 y 1989), fueron reducidos un 25% en las edades : brinzales, latinzales, adultos y fustales. De igual forma se aumentó en un 25% el paso número de adultos y fustales que se convierten en monte bajo. Las flechas curvas y angulares representan la reproducción y crecimiento a la siguiente clase de edad, las líneas rectas dentro del óvalo representa el mantenimiento dentro de la misma clase.

**Tabla 2.** Matriz de transición de la población de *Quercus humboldtii* en la Reserva Forestal el Robledal

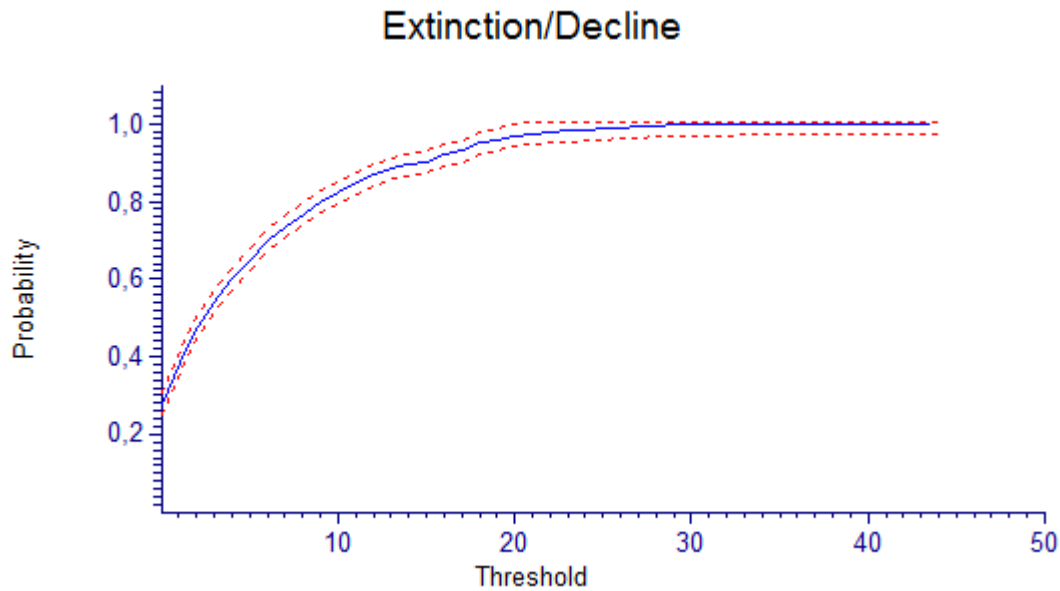
	Semillas	Brinzales	Latinzales	Subadultos	Adultos	Fustales	Monte bajo
Semillas	0	0	0	285	2400	1800	0
Brinzales	0,1	0,05	0	0	0	0	0
Latinzales	0	0,25	0,15	0	0	0	0
Subadultos	0	0	0,2	0,075	0	0	0
Adultos	0	0	0	0,45	0,1	0	0
Fustales	0	0	0	0	0,15	0,15	0
Monte bajo	0	0	0	0	0,39	0,49	0,7

A partir de la matriz de transición y utilizando el software Ramas Ecolab (Resit Akçakya & Root 1998), se elaboró un modelo para estimar la tendencia demográfica y la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ). Para el caso de la Reserva Forestal el Robledal, *Q. humboldtii* presenta una tendencia poblacional de declive (Figura 15), resultado que se refuerza con la disminución de la tasa finita de crecimiento de la población ( $\lambda = 0,90$ ) (Pico 2002) obtenida a partir de la matriz de transición (tabla 2).



**Figura 15.** Proyección demográfica de la población de *Q. humboldtii* en la Reserva Forestal el Robledal, siguiendo un modelo matricial estructurado que incorpora estocasticidad ambiental. El modelo se basa en Becerra y Macia (1973) y Becerra (1979 y 1989) reduciendo la tasas de transición en un 25% en las clases de edad: brinzales, latinzales, adultos y fustales. De igual forma se aumentó en un 25% el paso número de adultos y fustales que se convierten en monte bajo. Valores medios de las desviaciones estándar para 1000 repeticiones.

Se estimó la probabilidad de que el tamaño de la población llegue a ser inferior a un determinado valor durante el periodo considerado (figura 16). De acuerdo con esta simulación de 1000 repeticiones, la probabilidad de que su número sea inferior a 10 individuos es de 0,8 y de que sea inferior a 30 es de 0,98.



**Figura 16.** Probabilidad de cuasi-extinción de la población de *Q. humboldtii* en los robledales de la Reserva Forestal el Robledal, para un intervalo de 50 años. La curva indica la probabilidad de que el tamaño de la población descienda por debajo de 30 individuos a lo largo del periodo considerado.

Según los resultados obtenidos, parece sensato pensar que la población de *Q. humboldtii* en la Reserva Foresta el Robledal se encuentra en una condición muy desfavorable para su supervivencia, presentando una tendencia poblacional afectada negativamente por los factores que inciden sobre la supervivencia de los individuos.

De otro lado, a pesar que las tasas de transición fueron modificadas caprichosamente y sin tener un seguimiento demográfico de *Q. humboldtii*, se puede concluir que la tasa de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) del roble en Arcabúco y en el Robledal son muy sensibles al aumento de la mortalidad (causadas por el sobre-pastoreo y la tala) en las clases de edad: brinzal, latinzal, adultos y fustales. Por tal razón el plan de conservación y recuperación de la población debe concentrar los esfuerzos de restitución en aumentar la supervivencia y la tasa de transición entre los individuos en estas clases de edad y propiciar que clase de edad infértil “montes bajos” produzca semillas mediante tratamientos silvícolas (Serrada 2000, 2008) ya que un gran porcentaje del territorio cubierto por bosque está dominado por árboles de esta clase de edad.

### 5. Descripción del plan de restitución

Teniendo en cuenta la problemática que afecta en la actualidad a la Reserva Forestal El Robledal, parece de vital importancia que los actores sociales y la administración intervengan para de forma inmediata, para gestionar el bosque, la población de *Q. humboldtii* y los usos del territorio. Esta intervención tiene que tener como objetivo la conservación y restauración del ecosistema, garantizando beneficios directos e indirectos para el desarrollo de las comunidades campesinas locales.

Dicha intervención tiene que estar ordenada mediante un plan de gestión, generado de manera participativa y fundamentada en el conocimiento técnico y científico actualizado sobre el estado de la poblacional de *Q. humboldtii* (como población estructural del sistema) y de su relación con los demás compartimentos del ecosistema, incluyendo el hombre. El plan deberá ser útil para planificar a nivel espacial y temporal las reglas, normas e intervenciones que sean necesarias para conservar el robledal.

Con base en la cartografía y los resultados de Aguilar-Garavito y Pérez (2006), se identificaron y justificaron los lugares de interés para el plan de restitución de este ejercicio académico. En dicho trabajo se presenta un mapa de unidades de paisaje (Figura 9) y un mapa con la zonificación preliminar de la Reserva, en esta cartografía se reconocen tres tipos de zonas: 1. áreas de conservación, 2. áreas de recuperación y 3. áreas de manejo especial (Figura 17). Para cada una de estas áreas se proponen actuaciones dirigidas a mejorar las condiciones del medio biótico y de la población de *Q. humboldtii*.

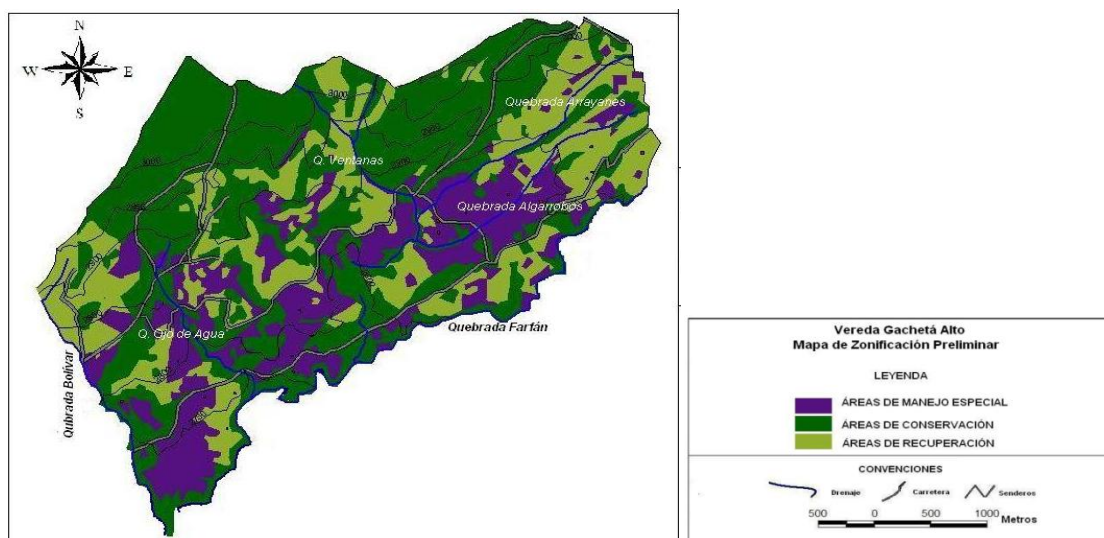


Figura 17. Zonificación de la Verdad Gachetá Alto



Las actuaciones dirigidas al medio biótico tienen como objetivo potenciar las relaciones bióticas (planta-planta, planta-animal, planta-hombre) que inciden positivamente con la población de *Q. humboldtii* y limitar el éxito de aquellas que inciden en forma negativa, haciendo énfasis en aquellos procesos que afectan las clases de edad más vulnerables de la población (desde semillas hasta latizales, árboles adultos y fustales) (Iriondo 2002, Escudero & Iriondo 2007)

De otro lado en las actuaciones sobre la población de *Q. humboldtii* se consideran un conjunto de medidas de conservación del germoplasma, desarrollo de técnicas de propagación, cultivo y plantación, gestión silvícola, medidas de reintroducción y reforzamiento de la población (Iriondo 2002).

#### 5.1. Actuaciones dirigidas al medio biótico.

Para el caso de la Reserva el elemento biótico de mayor impacto sobre la población es el hombre y sus actividades socio-económicas, por tanto las actuaciones en este nivel van encaminadas al control y organización de dichos procesos. Teniendo en cuenta lo anterior algunas medidas que se deberían tomar son las siguientes:

- Prohibir la tala en las masas de bosque denso (Figura 9), áreas de conservación (Figura 17), terrenos por encima de los 2.800 m.s.n.m, nacimientos y márgenes de quebradas (hasta 30 m).
- Prohibir el avance de la frontera agrícola, el pastoreo, así como el tránsito y permanencia de ganado en las masas de bosque denso (Figura 9), áreas de conservación (Figura 17), terrenos por encima de los 2.800 m.s.n.m, nacimientos y márgenes de quebradas (hasta 30 m).
- Alinderar y vallar las masas de bosque denso (Figura 9), áreas de conservación (Figura 17), terrenos por encima de los 2.800 m.s.n.m, nacimientos y márgenes de quebradas (hasta 30 m), sobretodo en aquellos lugares donde limitan con zonas ganaderas.
- Prohibir la caza de fauna silvestre en toda la Reserva y áreas adyacentes ya que la mayoría de poblaciones de animales son dispersores o polinizadores del roble o bien desempeñan otro papel fundamental dentro de la red trófica. La caza furtiva ha diezmado considerablemente la fauna dejando poblacionales reducidas.
- Proporcionar a las comunidades campesinas alternativas económica viables que contemplen el uso y producción de bienes y servicios no forestales. Estas medidas pueden estar gestionadas mediante la formación de empresas y cooperativas campesinas de producción y comercialización de: frutos y hongos silvestres, mermeladas, miel y otros productos gastronómicos típicos de la comunidad, turismo, artesanías y producción de plantas nativas en viveros. La producción en vivero además complementaría las actuaciones dirigidas a la población de *Q. humboldtii*, pues podría

contemplar un plan de conservación *in-situ* de semillas y plántulas, que después se puedan utilizar durante el plan de refuerzo y reintroducción de la población.

- Generar un programa de incentivos económicos por la conservación o restauración del ecosistema.
- Proponer y poner en marcha un programa piloto de gestión y explotación forestal de los montes bajos (Figura 9) por debajo de los 2.800 m.s.n.m., para producir carbón vegetal de manera sostenible.
- Ampliar el área de la Reserva Forestal el Robledal, para incluir otros fragmentos de robledal.
- Definir la zona de amortiguación de la reserva y proponer y poner en marcha un plan de gestión.

## 5.2. Actuaciones dirigidas a la población de *Q. humboldtii*.

- Recolección de germoplasma para su almacenamiento y producción *in-situ*, en vivero.
- Reforzar la población de *Q. humboldtii* mediante la siembra directa de semillas y la plantación de brinzales y latinzales, en las unidades de paisaje identificadas como montes bajos (Figura 9). Esta actividad deberá realizarse con mayor énfasis en las zonas por encima a los 2.800 metros de altitud.
- Promover un plan piloto de resalveos sistemáticos en los montes bajos por encima a los 2.800 metros de altitud, para propiciar que el árbol se regenere en un solo tronco y que gaste los almidones de reserva en raíz para crecer en altura y producir semillas (Serrada 2000 y 2008). De esta forma se podría involucrar a la clase de edad considerada como montes bajos en los ciclos vitales y matrices de transición (numeral 4), en la producción de semillas, y de esta manera pudiendo mejorar el reclutamiento del roble en estas zonas.
- Generar un plan de reintroducción de *Q. humboldtii*, en aquellos lugares por encima de los 2.800 m, nacimientos, márgenes de quebradas (hasta 30 m) y zonas consideradas como áreas de recuperación (Figura 17). En estos lugares históricamente existía robledal pero en la actualidad son pastizales y zonas de cultivo (Figura 9).

El plan de reintroducción en estas zonas no solo debe considerar la plantación y siembra del roble sino también de especies pioneras y acompañantes que pueden modificar las condiciones microclimáticas y facilitar el establecimiento del roble.

- Promover una estrategia de conectividad entre los fragmentos de robledal utilizando elementos del paisaje longitudinales como ríos, drenajes, cercas y linderos entre fincas. La estrategia contemplaría la plantación de árboles y arbustos de interés ecológico y económico en estos lugares.

5.3. Plan de monitoreo y seguimiento.

- Mantener un seguimiento continuo sobre la evolución demográfica de la población. Se deberán tomar datos de la estructura poblacional y modelar su dinámica antes de ejecutar el plan de restitución y validar por lo menos cada cinco años el modelo, utilizando la misma metodología de muestreo y análisis de datos. Identificar en cada caso el tamaño de la población, los límites de la viabilidad poblacional, las etapas o clases de edad más vulnerables, tasas de reclutamiento y tasas de transición entre clases de edad.
- Monitorear la regeneración natural y la sucesión en las zonas donde se haga algún tipo de actuación, utilizando una metodología sintética, replicable y comparable.
- Monitorear el efecto de las actuaciones, teniendo en cuenta un diseño experimental previo y una metodología de muestreo y análisis sintética, replicable y comparable.
- Valorar el estado de crecimiento, fenológico y fitosanitario de las especies sembradas o plantadas.
- Valorar la posición de la comunidad frente a las actuaciones.
- Valorar la evolución socio económica de las empresas y cooperativas campesinas.

## 6. Bibliografía

- Aguilar-Garavito M. 2006.** Caracterización ecológica de la vereda Gachetá Alto. Informe final presentado a la alcaldía del municipio de Guachetá-Cundinamarca.
- Becerra, J. E. 1989.** Estructura y crecimiento de un bosque secundario de roble. Revista Colombiana Forestal. 3 (3): 64-72.
- Becerra, J.E. Y F. Macia. 1973.** Regeneración Natural del roble después de la tala rasa y ensayo comparativo de diferentes sistemas de talar en esta especie. Instituto de investigaciones y proyectos Forestales madereros. U. Distrital, Bogotá.
- Becerra, J.E. 1979.** Ensayo comparativo de tres sistemas silviculturales en un bosque secundario de Roble (*Quercus humboldtii*). Instituto de investigaciones y proyectos forestales y madereros. U. Distrital de Bogotá.
- Calderón, E., G. Galeano y N. García (eds). 2002.** Libro Rojo de Flora Amenazada, Vol. 1. Serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente Colombia; Instituto Alexander Von Humboldt; Instituto de Ciencias Naturales UN; Invemar; Conservación Internacional Colombia y Fundación INGUUDE. Bogotá.
- Caro, L. 2001.** Análisis comparativo de la estructura y composición de la vegetación entre áreas de bosque andino fragmentado y no fragmentado en el borde sur-occidental de la sabana de Bogotá (Cundinamarca-Colombia). Tesis (Ecología). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Carrera de Ecología. Bogotá D.C.
- Casas, A. 2004.** Composición y estructura de la vegetación de cinco robledales del área de amortiguación del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque. Tesis (Ecología). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Carrera de Ecología. Bogotá D.C.
- Clavijo, C. 1996.** Plan de manejo para la Reserva Forestal Protectora El Robledal. Guachetá-Cundinamarca. Tesis de grado. Ingeniero Forestal. Universidad Distrital. Bogotá.
- Cuatrecasas, J. 1934.** Observaciones geobotánicas en Colombia. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Serie Botánica 27. Madrid.
- . 1958.** Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias, 10: 221-268.

- 
- Departamento de ecología y territorio-Universidad Javeriana. 2004.** Caracterización biofísica del Altiplano Cundiboyacense. Informe final presentado al Instituto Alexander von Humboldt.
- Escudero Alcántara A. y J. M. Iriondo Alegría. 2007.** Restauración de poblaciones de plantas amenazadas. En: Rey Benayas J. M., J.M. Nicolau Ibarra & T. E. Pinilla. Restauración de ecosistemas mediterráneos (p.113-140). Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares. España
- Ega. C. L. 1964.** Estudio preliminar de los bosque de roble *Quercus humboldtii* Bonp. de “La Sierra” Boyacá. Pp. 1-72, tab. 1-22,6 Figs.,4 pls., 4 mapas. U. Distr. Francisco José de Caldas. Mimeografiado.
- Espinal, L. S. 1964,.** Algunos aspectos de la vegetación del oriente antioqueño. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá.
- . **1992.** Geografía Ecológica de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia. Red Medellín.
- . **1993.** Regiones de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Foley, J.A., R. DeFries, P. Greogy, C. Barford, G. Bonan, S. Carpenter, S.F. Chapin, M. T. Coe, C. D. Daily, H. K. Gibbs, J. H. Helkowski, T. Hollowski, E. A. Howard, C. J. Kucharik, C. Monfreda, J. A. Patz, C. Prentice, N. Ramankutty & P. K. Snyder. 2005.** Global Consequences of Land Use. Science 309: 570-574.
- Fundación Natura. 2006.** Estrategia de desarrollo sostenible-Corredor de Conservación Guantiva-La Rusia-Iguaque. (Publicación en línea). Disponible desde Internet en: <http://www.natura.org.co/pdf/BL-librocorredor.pdf>.
- Fernández-M, J. F. 2002.** Genetic diversity and mating system in a fragmented population of the Andean oak *Quercus humboldtii* Bonpl. (Fagaceae). Biology. University of Missouri. St. Louis.
- Fernández-M & V. L. Sork. 2005.** Mating patterns of a subdivided population of Andean Oak (*Quercus humboldtii* Bonpl., Fagaceae). Journal of Heredity, 96(6) : 635-643.
- Fernández-M & V. L. Sork. 2005.** Genetic variation in fragmented forest stands of the Andean Oak *Quercus humboldtii* Bonpl., Fagaceae. Biotropica, 39 (1) : 72-78.
- Franco-García, R. 2004.** Cambios en los paisajes y usos de especies silvestres en las fincas y haciendas de la cuenca de Fúquene, desde 1930 hasta la actualidad. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá.
- Galindo-T, R., J. Betancur & J. Cadena-M. 2003.** Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del Santuario de Flora y Fauna Guanentá-Alto Río Fonce, cordillera Oriental colombiana. Caldasia 25 (2): 313-335.

- 
- González, E. 2001.** Diversidad genética de tres poblaciones de *Colombobalanus excelsa* Forman, (Fagaceae), especie endémica de los andes colombiano. Facultad de Ciencias, Universidad del Valle. Cali.
- Guachetá 2003.** Esquema de Ordenamiento Territorial. Alcaldía Municipal. Guachetá.
- Guariguata M. y G. Kattan (Eds). 2002.** Ecología y Conservación de bosques neotropicales. Editorial tecnológica de Costa Rica.
- Hartshorn, G.S. 2002.** Biogeografía de los Bosques Neotropicales. En: M. Guariguata y G. Kattan (Comps), Ecología y Conservación de bosques neotropicales (p. 59). Editorial tecnológica de Costa Rica.
- Hooghiemstra, H., T. van der Hammen y A. Cleef. 2002.** Paleoecología de la flora boscosa. En: M. Guariguata y G. Kattan (Comps), Ecología y Conservación de bosques neotropicales (p. 47). Editorial tecnológica de Costa Rica.
- IAvH (Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt). 1998.** Informe Nacional sobre el estado de la biodiversidad en Colombia. Bogotá.
- IAvH (Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt). 2003.** Biota Colombiana, 4(2): 107-111.
- Iriondo, J.M. (2002).** Bases para la conservación de la biodiversidad vegetal: un enfoque práctico. Terceras Jornadas Científicas del Parque Natural de Peñalara y del Valle del Páramo. Consejería de Medio Ambiente, Comunidad de Madrid. Madrid, pp. 115-123.
- Iriondo, J.M., Albert, M.J., Bañares, Á., De la Cruz, M., Domínguez, F., Escudero, A., García, M.B., Guzmán, D., Marrero, M., Moreno, J.C., Sainz, H., Tapia, F. & Torres, E. (2004).** Metodología de obtención de datos en las poblaciones naturales. En: Á. Bañares, G. Blanca, J. Güemes, J.C. Moreno y S. Ortiz (Eds.) *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España*. Dirección General de la Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, pp. 37-40.
- Iriondo, J.M., Albert, M.J., Giménez Benavides, L., Domínguez Lozano, F. & Escudero, A. (Eds.) 2009.** Poblaciones en Peligro: Viabilidad Demográfica de la Flora Vascular Amenazada de España. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino), Madrid, 244 pp.
- Kapelle, T., A. M. Cleef & A. Chavarri.1992.** Pleistocene Climatic Change and Environmental and Generis Dynamics in the North Andean Montane Forest and Páramo. En: Proceedings of the Neotropical Montane Forest Biodiversity and Conservation Symposium.

- 
- Kapelle, T., M. 2006.** Los Bosques de Roble (*Quercus*) en la Cordillera de Talamaca, Costa Rica. Editorial Inbio. Costa Rica.
- Lozano, G. & H., Torres. 1974.** Aspectos generales sobre la distribución, sistemática fitosociológica y clasificación ecológica de los bosques de robles (*Quercus*) en Colombia. *Ecología Tropical*, 1 (2): 45-79.
- Marin-Cordoba, C. & J. Betancur. 1997.** Estudio florístico en un robledal del Santuario de flora y fauna de Iguaque (Boyacá, Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 21(80): 249-259.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA), Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR) Y Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ). 2002.** Formulación e Implementación Participativa de Plan de Manejo y Uso Sostenible del Páramo Rabanal, Fase 2000-2001. Bogotá.
- Nieto, V. M. & J. Rodríguez. 2004.** *Quercus humboldtii* Bondpl. En Vozzo, J.V. Tropical tree seed manual. USDA Forest Service, Washington D.C.
- Pacheco, R.A. y C.A., Pinzón. 1997.** Notas divulgativas: el Roble (*Quercus humboldtii* Bonpland). Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mútis. Bogotá.
- Palacio-Mejía, J. D., & J. F. Fernández. 2006.** Estado de la Investigación en Genética de la Conservación de los Robles (Fagaceae) en Colombia. En: Solano C. y N. Vargas 2006. Memorias del I Simposio Internacional de Robledales y Ecosistemas Asociados. Fundación Natura- Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Paz, M. & J. D. Palacio-Mejía. 2006.** Análisis de la Variabilidad Genética del Roble Común *Quercus humboldtii*, Bonpl. (Fagaceae) en la región del Macizo Colombiano Utilizando la Técnica de RAPD. En: Solano C. y N. Vargas. Memorias del I Simposio Internacional de Robledales y Ecosistemas Asociados. Fundación Natura- Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Picó, F. X. 2002.** Desarrollo, análisis e interpretación de los modelos demográficos matriciales para la Biología de la Conservación. *Ecosistemas*, 11 (3): 1-6. Disponible desde internet en: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=252>.
- Ráquira 2000.** Plan de Ordenamiento Territorial. Alcaldía Municipal. Ráquira.
- Resit Akçakya H. & W. Root. 1998.** Ramas Ecolab, V. 2,0, for Windows 98. Electric Power Research Institute (EPRI). N. Y. USA.
- Rodríguez-Correa, H. 2007.** Patrones genético-poblacionales a nivel geográfico y ambiental en *Quercus humboldtii* Bonpl. Para los Andes colombianos. Universidad del Quindío. Armenia.

- Serrada, R. 2000.** Apuntes de repoblaciones forestales. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- Serrada, R. 2008.** Apuntes de Selvicultura. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Foresta, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- Solano, C. 2006.** Reserva Biológica Cachalú: 10 años de investigación en bosques de roble. En: Solano C. y N. Vargas 2006. Memorias del I Simposio Internacional de Robledales y Ecosistemas Asociados. Fundación Natura- Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Van der Hammen, T. 1974.** The Pleistocene Changes of Vegetation and Climate in Tropical South america. Journal of Biogeography. 1: 3-26.
- . **1989.** History of Montane Forest of the northern Andes. Plant Systematics and Evolution. 162: 109-114.
- & **A. M. Cleef. 1983.** *Trigobalanus* and the neotropical amphi-pacific elemet in the North Andean forest. Journal of Biogeography. 10: 437-440.